

Alfred Kerschberger

Solares Bauen mit transparenter Wärmedämmung

Systeme, Wirtschaftlichkeit, Perspektiven

BAUVERLAG GMBH • WIESBADEN UND BERLIN

Inhaltsverzeichnis

0	Begriffe, Abkürzungen, Einheiten und Umrechnungsfaktoren	11
1	Einleitung	15
2	Funktionsprinzipien von transparenten Wärmedämmsystemen	16
3	Einteilung und Beschreibung von TWD-Systemen	16
3.1	TWD-Materialien	16
3.2	TWD-Funktionssysteme	20
3.2.1	Direktgewinnsysteme	20
3.2.2	Solarwandsysteme	21
3.2.3	Thermisch abgekoppelte Systeme an der Gebäudehülle	22
3.2.4	Thermisch und lokal abgekoppelte Systeme	23
3.2.5	Sondersystem Solar-Pond	24
3.2.6	Sondersystem TWD-Speicherkollektor	24
3.2.7	Sondersystem konvektiv entwärmte Systeme	25
3.2.8	Funktionale TWD-Systeme für das solare Bauen	27
3.3	Konstruktionsmöglichkeiten von TWD-Gebäudehüllen	29
3.3.1	Holz-Konstruktionssystem in Modulbauweise: Sonnenackerweg, Freiburg	29
3.3.2	Holz-Konstruktionssystem - Einfachbauweise: Haus Brandstetter, Stuttgart	32
3.3.3	Aluminium-Fassade, Pfosten-Riegel-Konstruktion: Crew-Training-Complex, Köln	35
3.3.4	Transparentes Wärmedämmverbundsystem: Wohnhaus, Stühlingen ..	39
3.3.5	Aerogel-Verglasung: Haus Novakov, Freiburg	42
3.3.6	Hocheffiziente Fenster-Konstruktionsvarianten	45
3.4	Varianten der Verschattung	50
3.4.1	Verschattung durch Vegetation	50
3.4.2	Außenliegende feste Verschattung	51
3.4.3	Außenliegende regelbare Verschattung	51
3.4.4	Im transparenten Bereich liegende selbstregelnde Verschattung	52
3.4.5	Im transparenten Bereich liegende regelbare Verschattung	55
3.4.6	Innenliegende regelbare Verschattung beim indirekten Gewinnsystem	56
3.4.7	Innenliegende regelbare Verschattung beim direkten Gewinnsystem. .	56
3.5	Varianten sonstiger Komponenten	57
3.5.1	Direktgewinnsystem	57

Inhaltsverzeichnis

3.5.2	Indirektes Gewinnsystem	58
3.5.3	Abgekoppeltes Gewinnsystem	58
3.5.4	Konvektiv entwärmte Systeme	60
4	Einflußparameterauf die Wirtschaftlichkeit von TWD-Systemen	62
4.0	Vorbemerkung	62
4.1	Investitionskosten von TWD-Sy stemen	63
4.1.1	Allgemeines	63
4.1.2	Kosten der transparenten Hülle	65
4.1.3	Mehrkosten von abgekoppelten und konvektiv entwärmten Systemen.	69
4.1.4	Ergebnisaussagen	72
4.2	Nutzenergie- und Heizkosteneinsparung durch TWD-Systeme	73
4.2.1	Berechnung mit Hilfe eines Beispielgebäudes	73
4.2.2	Beschreibung des Simulationsverfahrens TRNSYS.	74
4.2.3	Beschreibung des Eingabemodells des Beispielgebäudes	75
4.2.4	Referenzkonstruktionen und funktionale TWD-Systeme.	77
4.2.5	Parameteranalyse	79
4.2.6	Ergebnisse der Parameteranalyse	82
4.2.7	Zusammenfassung der Parameteranalyse	98
4.2.8	Heizkosteneinsparung	99
4.2.9	Ergebnisse der Heizkostenanalyse	102
4.3	Beleuchtungskosteneinsparungen durch verstärkte Tageslichtnutzung mit transparenter Wärmedämmung	102
4.3.1	Wertigkeit des Tageslichts	102
4.3.2	Eingrenzung auf kompakte Neubau-Bürogebäude	103
4.3.3	Energieverbrauchsanteile unterschiedlicher Energiedienstleistungen	104
4.3.4	Tageslichtanforderungen, Blendungsarten	104
4.3.5	Tageslicht-Verfügbarkeit	106
4.3.6	Eigenschaften und Auswirkungen von TWD-Tageslichtsystemen	108
4.3.7	Ergänzungs- und Optimierungsmöglichkeiten	109
4.3.8	Beleuchtungskosteneinsparungen	110
4.4	Berücksichtigung vermiedener sozialer Kosten durch Raumheizung mit transparenter Wärmedämmung	114
4.4.1	Heizenergieverbrauch und Umweltschäden	114
4.4.2	Grundprobleme der Monetarisierung von Umweltschäden	116
4.4.3	Quantifizierbare und monetarisierbare Umweltaspekte	117
4.4.4	Verfahren zur Ermittlung externer Kosten	118
4.4.5	Monetarisierbare Effekte bei der Anwendung der Vermeidungskosten- Methode	119
4.4.6	Emissionen unterschiedlicher Heizungssysteme	121
4.4.7	Emissionsvermeidungskosten unterschiedlicher Heizsysteme	122

4.4.8	Durchschnittliche Emissionsvermeidungskosten für den Bereich Raumheizung .....	.122
4.5	Investitionskosten-Einsparungen bei Hülle und Haustechnik .....	.124
4.5.1	Einsparungen an der Gebäudehülle .....	.124
4.5.2	Einsparungen bei der Heiztechnik .....	.126
4.6	Instandhaltungs- und Betriebsenergiekosten .....	.128
4.6.1	Abgrenzung .....	.128
4.6.2	Instandhaltungskosten von TWD-Systemen .....	.128
4.6.3	Betriebsenergiekosten von TWD-Systemen .....	.132
4.6.4	Instandhaltungskosten von opaken Dämmsystemen .....	.133
4.7	Einfluß der Lebensdauer von TWD-Systemen .....	.134
4.7.1	Methode .....	.134
4.7.2	Lebensdauer von TWD-Rahmensystemen .....	.134
4.7.3	Lebensdauer von TWD-Wärmedämmverbundsystemen .....	.137
4.7.4	Lebensdauer von opaken Dämmsystemen .....	.138
4.8	Einfluß konkurrierender Investitionen .....	.139
4.8.1	Gegenseitige Beeinflussung von Energiesparmaßnahmen .....	.139
4.8.2	Auswahl von Randbedingungen für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	141
5	Wirtschaftlichkeitsrechnung .....	.144
5.0	Vorbemerkung .....	.144
5.1	Was ist Wirtschaftlichkeit? .....	.144
5.2	Statische und dynamische Investitionsrechnung .....	.145
5.3	Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung .....	.145
5.4	Berücksichtigung ansteigender Zahlungen .....	.146
5.5	Kapitalwertbetrachtung für Energiesparinvestitionen .....	.147
5.5.1	Kapitalwert einer Energiesparinvestition .....	.147
5.5.2	Äquivalenter Energiepreis einer Energiesparinvestition .....	.147
5.5.3	Grenzinvestitionskosten einer Energiesparmaßnahme .....	.148
5.5.4	Amortisationszeit einer Energiesparmaßnahme .....	.149
5.6	Absolute oder relative Wirtschaftlichkeitsbetrachtung? .....	.149
5.6.1	Methodischer Ansatz der Baunutzungskostenbetrachtung .....	.149
5.6.2	Begründung für die Verwendung der relativen Wirtschaftlichkeits- betrachtung .....	.150
5.7	Kostenarten und Wirtschaftlichkeitsbedingung .....	.152
5.7.1	Relevante Kostenarten .....	.152
5.7.2	Wirtschaftlichkeitsbedingung .....	.152

Inhaltsverzeichnis

5.8	Ermittlung der einzelnen Kostenarten	153
5.8.1	AKE = Barwert der Energiekosteneinsparung durch TWD.	153
5.8.2	AKL = Barwert der Beleuchtungskosteneinsparung durch TWD (bei Direktgewinnsystemen).	153
5.8.3	AKS = Barwert der sozialen Kosteneinsparung	154
5.8.4	AKR = Barwert der Restwertdifferenz am Ende des Betrachtungs- zeitraums im Jahre N.	155
5.8.5	AKH = Investitionskosteneinsparungen Heizung	156
5.8.6	AKI = Investitionsmehrkosten.	156
5.8.7	AKB = Barwert der Betriebsenergiemehrkosten.	157
5.8.8	AKW = Barwert der Instandhaltungsmehrkosten.	157
5.8.9	Nichtberücksichtigung von S teurerer sparnis durch S onder- abschreibungen.	158
5.9	Ableitung weiterer Wirtschaftlichkeitsbedingungen.	159
5.9.1	Äquivalenter Heizenergiepreis	159
5.9.2	Grenzinvestitionskosten zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit	159
5.9.3	Amortisationszeit	160
5.10	Wichtige Eingangsgrößen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.	161
5.10.1	ZinsfaktorQ.	161
5.10.2	Preise für Energie und soziale Kosten	162
5.10.3	Preissteigerung Energie und soziale Kosten FE.	165
5.10.4	Baupreissteigerung FW.	165
5.10.5	Heizungsinvestitionskosteneinsparung, spezifische Kosten pro kW ..	166
5.10.6	Übersicht wichtiger Eingangsgrößen.	166
6	Wirtschaftlichkeit und Wirtschaftlichkeitsschwellen heutiger TWD-Systeme.	167
6.1	Methodik.	167
6.1.1	Grundsätzliches zum Rechenverfahren.	167
6.1.2	Untersuchte TWD-Systeme.	168
6.1.3	Untersuchte Gebäudetypen und Nutzungen.	169
6.1.4	TWD-Fassaden Varianten und konventionelle Referenzvarianten.	169
6.2	Wirtschaftlichkeit heutiger TWD-Systeme im Wohnungsbau.	170
6.3	Wirtschaftlichkeit heutiger TWD-Systeme im Büro- und Verwaltungsbau.	179
6.4	Wirtschaftlichkeit aktiver und konvektiv entwärmter TWD-Systeme .	187
6.5	Wirtschaftlichkeit hocheffizienter Fenster.	194
7	Wirtschaftlichkeitsverbesserung von TWD-Systemen	199
7.1	Kriterien.	199

7.1.1	Wirtschaftlichkeitsverbesserung TWD: systemspezifische Kriterien. . .	199
7.1.2	Wirtschaftlichkeitsverbesserung TWD: anwendungsbezogene Randbedingungen.	199
7.1.3	Wirtschaftlichkeitsverbesserung TWD: übergeordnete Rand- bedingungen.	200
7.2	Kurzfristige Verbesserungsmöglichkeiten.	200
7.2.1	Wegfall von TWD-Systemkomponenten.	201
7.2.2	Kostenreduzierung von TWD-Systemkomponenten.	202
7.2.3	Verwendung kostengünstiger Serienkomponenten aus anderen Bereichen.	203
7.2.4	Verbesserung von TWD-Systemkomponenten.	204
7.3	Mittel- und langfristige Verbesserungsmöglichkeiten.	204
7.3.1	Kostengünstige Verschattung.	204
7.3.2	Komplexe, integrierte Steuerungssoftware.	205
8	Perspektiven in Entwicklung und Anwendung von TWD-Systemen zur Gebäudebeheizung - Aussichtsreiche Produktlinien und sinnvolle Entwicklungsrichtungen	206
8.1	Systeme mit guten Wirtschaftlichkeitsaussichten.	206
8.1.1	Transparente Wärmedämm Verbundsysteme.	206
8.1.2	Holz-Einfachsysteme.	207
8.1.3	Direktgewinnsysteme mit kombinierter Wärme- und Tageslicht- nutzung.	208
8.2	Systeme mit unsicheren Wirtschaftlichkeitsaussichten.	209
8.2.1	Holz-Modulfassaden.	209
8.2.2	Aluminiumfassaden.	210
8.2.3	Aktive und konvektiv entwürmte Systeme.	215
8.3	Aussichtsreiche Einsatzfelder.	215
8.3.1	Büro- und Verwaltungsgebäude.	215
8.3.2	Wohnungsbau.	216
8.3.3	Sonderfälle.	216
9	Kernergebnisse.	218
	Quellen- und Literaturverzeichnis.	227
	Adressenverzeichnis.	236
	Anhang: Checklisten zur Prüfung eines Neubau- oder Sanierungsvorhabens auf Eignung zur TWD-Anwendung.	243